

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**


|  |  |
|--|--|
| <b>Блок:</b>   | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>  |
| <b>Часть образовательной программы:</b>                        | <b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>                    |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>                         | <b>Б1.Ч.17</b>   |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>                       | <b>7 семестр - 5;<br/>8 семестр - 5;<br/>всего - 10</b>                            |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>                        | <b>360 часов</b>   |
| <b>Лекции</b>  | <b>7 семестр - 32 часа;<br/>8 семестр - 28 часа;<br/>всего - 60 часов</b>          |
| <b>Практические занятия</b>                                    | <b>7 семестр - 32 часа;<br/>8 семестр - 28 часа;<br/>всего - 60 часов</b>          |
| <b>Лабораторные работы</b>                                     | <b>не предусмотрено учебным планом</b>   |
| <b>Консультации</b>  | <b>7 семестр - 2 часа;<br/>8 семестр - 2 часа;<br/>всего - 4 часа</b>              |
| <b>Самостоятельная работа</b>                                  | <b>7 семестр - 113,5 часов;<br/>8 семестр - 121,5 часа;<br/>всего - 235,0 часа</b> |
| <b>в том числе на КП/КР</b>                                    | <b>не предусмотрено учебным планом</b>   |
| <b>Иная контактная работа</b>                                  | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>                                |
| <b>включая:</b><br><b>Тестирование</b><br><b>Решение задач</b> |  |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>                               |  |
| <b>Экзамен</b>   | <b>7 семестр - 0,5 часа;</b>   |
| <b>Экзамен</b>   | <b>8 семестр - 0,5 часа;</b>   |
|  | <b>всего - 1,0 час</b>   |

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                             |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                              |                             |
|   | Владелец  | Суслов К.В.                 |
|   | Идентификатор   | R94355520-SuslovKV-1ebd2b2c |

(подпись)


К.В. Суслов

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                                 |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                              |                                 |
|   | Владелец  | Шестопалова Т.А.                |
|   | Идентификатор   | Rca486bb1-ShestopalovaTA-2b9205 |

(подпись)


Т.А.

Шестопалова

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

|   |   |                                 |
|---|---|---------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                                 |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                              |                                 |
|   | Владелец  | Шестопалова Т.А.                |
|   | Идентификатор   | Rca486bb1-ShestopalovaTA-2b9205 |

(подпись)

Т.А.

Шестопалова

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** формирование знаний об энергетических и режимных характеристиках и особенностях технологического процесса преобразования энергии на энергоустановках и энергокомплексах, использующих возобновляемые источники энергии

### Задачи дисциплины

- изучение характеристик и особенностей категорий энергопотенциала различных видов ВИЭ;
- изучение особенностей информационного обеспечения для расчета режимов и параметров установок на базе ВИЭ;
- изучение энергетических характеристик оборудования на базе ВИЭ;
- изучение энергетических особенностей технических процессов энергоустановок и энергокомплексов на базе ВИЭ.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Запланированные результаты обучения   |
|---|--|---|
| ПК-4 Способен принимать участие в проектировании объектов гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии | ИД-3ПК-4 Владеет основными методами расчёта режимов работы и энергетических показателей электростанций на основе возобновляемых источников энергии | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- особенности информационного обеспечения энергетических, водноэнергетических и водохозяйственных энергоустановок на базе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии;</li><li>- характеристики и особенности основных категорий энергоресурсов НВИЭ с учетом социально-экономических факторов;</li><li>- способы оценки выработки электроэнергии гидроэлектростанции;</li><li>- способы оценки выработки электроэнергии ветровой электростанции;</li><li>- способы оценки выработки электроэнергии солнечной электростанции;</li><li>- методы расчёта ресурсов энергии ветра на заданной высоте и способы оценки удельных энергетических показателей;</li><li>- методы расчёта ресурсов солнечного излучения на наклонной поверхности и способы оценки удельных энергетических показателей;</li><li>- методы расчёта гидроэнергетических ресурсов заданного створа и способы оценки удельных энергетических показателей.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- рассчитывать гидроэнергетические</li></ul> |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения  |
|--------------------------------|--|--|
|                                |  | <p>ресурсы заданного створа и оценивать удельных энергетических показателей;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнять оценку выработки электроэнергии гидроэлектростанции;</li> <li>- выполнять оценку выработки электроэнергии солнечной электростанции;</li> <li>- рассчитывать ресурсы энергии ветра на заданной высоте и оценивать удельных энергетических показателей;</li> <li>- рассчитывать ресурсы солнечного излучения на наклонной поверхности и оценивать удельные энергетических показателей;</li> <li>- выполнять оценку выработки электроэнергии ветровой электростанции;</li> <li>- использовать современное информационное обеспечение разных видов энергетических, водноэнергетических и водохозяйственных задач в области комплексного использования НВИЭ;</li> <li>- выполнять расчеты по определению основных категорий энергопотенциала НВИЭ с учетом социальных и экологических факторов и рыночных отношений.</li> </ul> |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Математические задачи энергетики возобновляемых источников
- знать Физические основы использования возобновляемых источников энергии

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   | Содержание самостоятельной работы/ методические указания   |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|
|       |  |                       |         | Контактная работа  |     |    |              |   |     |    | СР |                   |                                   |  |
|       |  |                       |         | Лек  | Лаб | Пр | Консультация |   | ИКР |    | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль |  |
| КПР   | ГК   | ИККП                  | ТК      |  |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   |  |
| 1     | 2  | 3                     | 4       | 5  | 6   | 7  | 8            | 9 | 10  | 11 | 12 | 13                | 14                                | 15   |
| 1     | Общие положения курса. Особенности использования ВИЭ   | 34                    | 7       | 8  | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | 20                | -                                 | <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Теоретические основы солнечной энергетики"</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Теоретические основы солнечной энергетики"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], 1-250</p>  |
| 1.1   | Общие положения курса. Особенности использования ВИЭ   | 34                    |         | 8  | -   | 6  | -            | - | -   | -  | -  | 20                | -                                 |  |
| 2     | Теоретические основы ветроэнергетики                   | 38                    |         | 8  | -   | 10 | -            | - | -   | -  | -  | 20                | -                                 | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу Теоретические основы ветроэнергетики и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Теоретические основы ветроэнергетики". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу</p> |
| 2.1   | Теоретические основы ветроэнергетики                   | 38                    |         | 8  | -   | 10 | -            | - | -   | -  | -  | 20                | -                                 |  |

|     |  |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
|-----|--|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
|     |  |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   | "Теоретические основы ветроэнергетики"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[2], 1-384  |
| 3   | Теоретические основы солнечной энергетики  | 36 |  | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 20 | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Теоретические основы гидроэнергетики"   |
| 3.1 | Теоретические основы солнечной энергетики  | 36 |  | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 20 | - | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Теоретические основы гидроэнергетики"<br><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Теоретические основы гидроэнергетики". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[4], 1-144 |
| 4   | Теоретические основы малой гидроэнергетики | 36 |  | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 20 | - | <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Солнечные электростанции".   |
| 4.1 | Теоретические основы малой гидроэнергетики | 36 |  | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 20 | - | Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:<br><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Солнечные электростанции"<br><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Солнечные электростанции"  |

|     |   |              |   |           |   |           |          |          |   |   |            |              |  |   |
|-----|---|--------------|---|-----------|---|-----------|----------|----------|---|---|------------|--------------|--|---|
|     |   |              |   |           |   |           |          |          |   |   |            |              | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[5], 1-380 |   |
|     | Экзамен   | 36.0         |   | -         | - | -         | -        | 2        | - | - | 0.5        | -            | 33.5   |   |
|     | <b>Всего за семестр</b>   | <b>180.0</b> |   | <b>32</b> | - | <b>32</b> | -        | <b>2</b> | - | - | <b>0.5</b> | <b>80</b>    | <b>33.5</b>  |   |
|     | <b>Итого за семестр</b>   | <b>180.0</b> |   | <b>32</b> | - | <b>32</b> | <b>2</b> |          | - |   | <b>0.5</b> | <b>113.5</b> |  |   |
| 5   | Солнечные фотоэлектрические станции (СФЭС) в централизованных и децентрализованных системах | 34           | 8 | 6         | - | 6         | -        | -        | - | - | -          | 22           | -  | <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Ветроэлектростанции". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:<br><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Ветроэлектростанции"<br><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Ветроэлектростанции"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[3], 1-276 |
| 5.1 | Солнечные фотоэлектрические станции (СФЭС) в централизованных и децентрализованных системах | 34           |   | 6         | - | 6         | -        | -        | - | - | -          | 22           | -  |   |
| 6   | Ветроэлектростанции в централизованных и децентрализованных системах                        | 36           |   | 8         | - | 6         | -        | -        | - | - | -          | 22           | -  | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Гидроэлектростанции"  |
| 6.1 | Ветроэлектростанции в централизованных и децентрализованных системах                        | 36           |   | 8         | - | 6         | -        | -        | - | - | -          | 22           | -  | <b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Гидроэлектростанции". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:<br><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b>   |

|     |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |  |
|-----|---|----|---|---|----|---|---|---|---|---|----|---|--|
|     |   |    |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   | Повторение материала по разделу "Гидроэлектростанции"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], 1-250  |
| 7   | Малые гидроэлектростанции   | 36 | 8 | - | 6  | - | - | - | - | - | 22 | - | <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br>Изучение материала по разделу "Малые гидроэлектростанции" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях  |
| 7.1 | Малые гидроэлектростанции   | 36 | 8 | - | 6  | - | - | - | - | - | 22 | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Малые гидроэлектростанции"<br><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Малые гидроэлектростанции". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[5], 1-380 |
| 8   | Энергетические комплексы с участием ветровых и солнечных электростанций | 38 | 6 | - | 10 | - | - | - | - | - | 22 | - | <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br>Изучение материала по разделу "Энергетические комплексы с участием ветровых и солнечных электростанций"   |
| 8.1 | Энергетические комплексы с участием ветровых и солнечных электростанций | 38 | 6 | - | 10 | - | - | - | - | - | 22 | - | подготовка к выполнению заданий на практических занятиях<br><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Энергетические комплексы с участием ветровых и солнечных электростанций"<br><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по  |



|  |                  |              |   |           |   |           |   |          |   |   |            |    |              |  |
|--|------------------|--------------|---|-----------|---|-----------|---|----------|---|---|------------|----|--------------|--|
|  |                  |              |   |           |   |           |   |          |   |   |            |    |              | разделу "Энергетические комплексы с участием ветровых и солнечных электростанций". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[2], 1-384 |
|  | Экзамен          | 36.0         |   | -         | - | -         | - | 2        | - | - | 0.5        | -  | 33.5         |  |
|  | Всего за семестр | 180.0        |   | 28        | - | 28        | - | 2        | - | - | 0.5        | 88 | 33.5         |  |
|  | Итого за семестр | 180.0        |   | 28        | - | 28        |   | 2        |   | - | 0.5        |    | 121.5        |  |
|  | <b>ИТОГО</b>     | <b>360.0</b> | - | <b>60</b> | - | <b>60</b> |   | <b>4</b> |   | - | <b>1.0</b> |    | <b>235.0</b> |  |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Общие положения курса. Особенности использования ВИЭ

##### 1.1. Общие положения курса. Особенности использования ВИЭ

Цели и задачи курса. Классификация источников энергии. Классификация возобновляемых источников энергии. Сравнение ВИЭ с традиционными источниками энергии. Основные категории потенциалов ВИЭ и методы их расчета. Современное состояние развития ВИЭ. Основные тенденции развития. Место и значение ВИЭ в современном топливно-энергетическом комплексе мира и России. Экономические аспекты ВИЭ. Законодательные схемы поддержки ВИЭ в мире и России.

#### 2. Теоретические основы ветроэнергетики

##### 2.1. Теоретические основы ветроэнергетики

Основные понятия и определения ветроэнергетики (ВЭ). Современное состояние и перспективы развития ВЭ в мире и России. Основные преимущества и недостатки. Информационное обеспечение по ветровым ресурсам. Основные влияющие факторы на формирование ветра в приземном слое атмосферы. Вертикальный профиль ветра. Основные климатические и статистические характеристики ветра. Дифференциальные и теоретические повторяемости скорости ветра. Общие положения, основные понятия и определения. Информационное обеспечение ветроэнергетических расчетов для разных условий работы ВЭУ (работа в объединенной или локальной энергосистеме; работа на автономного потребителя). Срочные наблюдения за параметрами ветра в метеорологии и их особенности. Методы расчета дифференциальной повторяемости скоростей ветра и функции их распределения. Особенности использования разных математических моделей для дифференциальной повторяемости скоростей ветра в России. Влияние шероховатости местности на скорость ветра. Коэффициенты Милевского, Гриневича и Подтягина. Математические модели изменения скорости ветра по высоте и их особенности для приземного слоя воздуха. Методы пересчета основных параметров ветра в заданную точку на поверхности Земли и их особенности. Мезо- и микроклиматические факторы и их влияние на параметры ветра. Методы расчета основных категорий потенциала ветра в точке А(с.ш.;в.д.) и для территории S (км<sup>2</sup>). Ресурсы ветроэнергетики в России, их особенности и перспективы использования.

#### 3. Теоретические основы солнечной энергетики

##### 3.1. Теоретические основы солнечной энергетики

Основные понятия и определения солнечной энергетики. Современное состояние и перспективы развития СЭ в мире и России. Информационное обеспечение по солнечной энергетике. Основные понятия и определения. Схема вращения Земли вокруг Солнца. Методы измерения СИ. Срочные наблюдения за СИ. Основные ошибки и доверительная вероятность ошибок. Потери солнечного излучения (СИ). Спектр СИ. Ресурсы солнечной энергии России. Основные составляющие СИ на Земле. Основные показатели СИ. Основные переменные СИ и методы их расчета. Методы расчета прихода СИ на горизонтальную и наклоненную к югу приемную площадку на земле. Методы расчета основных категорий энергетического потенциала солнечной энергетике на земле в точке и для территории, S (км<sup>2</sup>). Ресурсы солнечной энергетики в России, их особенности и перспективы использования. Влияние основных и дополнительных углов на величину прихода СИ на Земле. Зависимость солнечной радиации от времени года и широты местности. Оптимальная ориентация приемника солнечного излучения. Геометрия приемной площадки и Солнца. Информационно-методическое обеспечение по расчету солнечной радиации. Основные

формы преобразования энергии Солнца. Методы расчета прихода солнечной радиации на произвольно ориентированную площадку в произвольно взятой ее точке поверхности Земли. Основные виды солнечных энергоустановок (СЭУ) и станций (СЭС): электроснабжения, горячего водоснабжения, отопления, охлаждения, сушки, опреснения, гидролиза и т. п. Солнечные тепловые электростанции. Концентраторы СИ. Башенные СЭС. Основная технологическая схема, ее компоненты и энергетические характеристики. СЭС на основе солнечных прудов. Технологическая схема преобразования энергии и ее компоненты. Термальный градиент. Теплоаккумулирующая характеристика солнечных прудов. Методы расчета основных параметров СЭС на основе солнечных прудов. Физические основы солнечной фотоэнергетики. Структура солнечных элементов и принципы их работы. Основные энергетические характеристики солнечного элемента (СЭ). Технологии и материалы СЭ. Устройство фотоэлектрической системы (СФЭС). Энергетические характеристики СФЭС. Различные виды потерь СФЭС. СФЭС в централизованных и децентрализованных системах.

#### 4. Теоретические основы малой гидроэнергетики

##### 4.1. Теоретические основы малой гидроэнергетики

Современное состояние малой гидроэнергетики в мире. Основные понятия и определения малой гидроэнергетики (МГЭ). Основные свойства водных ресурсов. Ресурсы традиционной и малой гидроэнергетики в России, их особенности и перспективы использования. Отличия от традиционной гидроэнергетики. Современное состояние и перспективы развития МГЭ в мире и России. Основные предпосылки развития малой гидроэнергетики в современной России. Основные отличия МГЭ от традиционной гидроэнергетики. Источники энергопотенциала МГЭ и традиционной гидроэнергетики. Экологические и экономические аспекты МГЭ. Классификация малых ГЭС (МГЭС) в мире и России. Категории потенциалов МГЭ. Классификация малых ГЭС (МГЭС) в мире и России. Конструктивные особенности МГЭС. Состав и компоновка МГЭС по схеме создания напора. Унификация оборудования МГЭС и других проектных решений. Особенности выбора отметки НПУ и установленной мощности МГЭС. Основные конструкции микроГЭС. МикроГЭС рукавного типа. Свободнопоточные микроГЭС. Сифонные микроГЭС.

#### 5. Солнечные фотоэлектрические станции (СФЭС) в централизованных и децентрализованных системах

##### 5.1. Солнечные фотоэлектрические станции (СФЭС) в централизованных и децентрализованных системах

Классификация солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС). Выработка электроэнергии СЭС. Методы оценки выработки электроэнергии СЭС. Подход к проектированию сетевой (централизованной) СЭС. Подход к проектированию децентрализованных СЭС.

#### 6. Ветроэлектростанции в централизованных и децентрализованных системах

##### 6.1. Ветроэлектростанции в централизованных и децентрализованных системах

Классификация ветроэнергетических установок (ВЭУ). ВЭУ с горизонтальной и вертикальной осью вращения: принцип работы; назначение основных компонентов; преимущества и недостатки. Энергетические характеристики и показатели ВЭУ, а также методы их расчета. Расчет выработки ВЭУ. Выбор площадки для размещения ветроэлектрической станции (ВЭС). Ветромониторинг. Особенности выбора параметров ВЭУ, работающих в централизованных и децентрализованных системах энергоснабжения.

Выбор оборудования ВЭУ: классы безопасности ВЭУ, климатическое исполнение ВЭУ. Критерии энергоэффективности ВЭУ. Транспорт и монтаж ВЭУ. Ветроэлектростанция (ВЭС). Схемы оптимального размещения ВЭУ друг относительно друга и ветрового потока с учетом розы ветров. Эффект затенения.

### 7. Малые гидроэлектростанции

#### 7.1. Малые гидроэлектростанции

Выработка электроэнергии ГЭС. Методы оценки выработки электроэнергии ГЭС. Расчет валового гидропотенциала. Оценочный расчет технического потенциала реки в выбранном створе.

### 8. Энергетические комплексы с участием ветровых и солнечных электростанций

#### 8.1. Энергетические комплексы с участием ветровых и солнечных электростанций

Построения изолированных энергетических комплексов с участием ветровых и солнечных электростанций. Гибридные системы электроснабжения с дублирующими дизельными электростанциями. Гибридные системы электроснабжения с совместной ветро-солнечно-дизельной генерацией. Оценка энергетических потребностей объекта электроснабжения. Обоснование структуры энергетического комплекса. Энергетический баланс гибридной системы электроснабжения.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. 3. Расчет энергетических характеристик ветра в точке А(с.ш.;в.д.);
2. 4. Расчет энергетических ресурсов ветра для заданной территории S;
3. 5. Расчет водноэнергетического каскада водотока;
4. 6. Расчет схемы каскадного использования водотока;
5. 7. Расчет напорных и энергетических характеристик створа ГЭС;
6. 8. Расчет напорных энергетических характеристик русловой ГЭС;
7. 10. Расчет водноэнергетических режимов ГЭС с водохранилищами;
8. 11. Расчет энергетических характеристик агрегата для заданного диапазона изменения напоров ГЭС;
9. 12. Построение энергетических характеристик ГЭС для заданного диапазона напоров ГЭС;
10. 13. Расчет технического потенциала реки в выбранном створе.;
11. 14. Расчет энергетических характеристик СФЭУ;
12. 15. Расчет энергетических характеристик ВЭУ;
13. 2. Расчет изменения солнечного излучения в течение суток;
14. 9. Выбор структуры энергетического комплекса;
15. 1. Расчет прихода солнечного излучения на горизонтальную приемную площадку.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Общие положения курса. Особенности использования ВИЭ"

2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теоретические основы ветроэнергетики"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теоретические основы солнечной энергетики"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теоретические основы малой гидроэнергетики"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Солнечные фотоэлектрические станции (СФЭС) в централизованных и децентрализованных системах"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Ветроэлектростанции в централизованных и децентрализованных системах"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Малые гидроэлектростанции"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Энергетические комплексы с участием ветровых и солнечных электростанций"

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Общие положения курса. Особенности использования ВИЭ"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Теоретические основы ветроэнергетики"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Теоретические основы солнечной энергетики"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Теоретические основы малой гидроэнергетики"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Солнечные фотоэлектрические станции (СФЭС) в централизованных и децентрализованных системах"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Ветроэлектростанции в централизованных и децентрализованных системах"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Малые гидроэлектростанции"
8. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Энергетические комплексы с участием ветровых и солнечных электростанций"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине<br>(в соответствии с разделом 1)   | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   |   |   |   |   | Оценочное средство<br>(тип и наименование) |  |
|--|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|
|  |                  | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |  |  |
| <b>Знать:</b>  |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
| методы расчёта гидроэнергетических ресурсов заданного створа и способы оценки удельных энергетических показателей  | ИД-3пк-4         |   |   |   | + |   |   |   |   |  | Решение задач/Теоретические основы малой гидроэнергетики   |
| методы расчёта ресурсов солнечного излучения на наклонной поверхности и способы оценки удельных энергетических показателей   | ИД-3пк-4         |   |   | + |   |   |   |   |   |  | Тестирование/Теоретические основы солнечной энергетики   |
| методы расчёта ресурсов энергии ветра на заданной высоте и способы оценки удельных энергетических показателей  | ИД-3пк-4         |   | + |   |   |   |   |   |   |  | Решение задач/Теоретические основы ветроэнергетики   |
| способы оценки выработки электроэнергии солнечной электростанции   | ИД-3пк-4         |   |   |   |   | + |   |   |   |  | Тестирование/Солнечные фотоэлектрические станции (СФЭС) в централизованных и децентрализованных системах |
| способы оценки выработки электроэнергии ветровой электростанции  | ИД-3пк-4         |   |   |   |   |   |   | + |   |  | Решение задач/Ветроэлектростанции в централизованных и децентрализованных системах                       |
| способы оценки выработки электроэнергии гидроэлектростанции  | ИД-3пк-4         |   |   |   |   |   |   |   | + |  | Тестирование/Малые гидроэлектростанции   |
| характеристики и особенности основных категорий энергоресурсов НВИЭ с учетом социально-экономических факторов  | ИД-3пк-4         |   |   |   |   |   |   |   |   | +  | Решение задач/Энергетические комплексы с участием ветровых и солнечных электростанций                    |
| особенности информационного обеспечения энергетических, водноэнергетических и водохозяйственных энергоустановок на базе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии | ИД-3пк-4         | +   |   |   |   |   |   |   |   |  | Тестирование/Общие положения курса. Особенности использования ВИЭ  |
| <b>Уметь:</b>  |                  |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |

|  |          |   |  |   |   |  |   |   |  |
|--|----------|---|--|---|---|--|---|---|--|
| выполнять расчеты по определению основных категорий энергопотенциала НВИЭ с учетом социальных и экологических факторов и рыночных отношений                              | ИД-3ПК-4 | + |  |   |   |  |   |   | Тестирование/Общие положения курса. Особенности использования ВИЭ  |
| использовать современное информационное обеспечение разных видов энергетических, водноэнергетических и водохозяйственных задач в области комплексного использования НВИЭ | ИД-3ПК-4 |   |  |   |   |  |   | + | Решение задач/Энергетические комплексы с участием ветровых и солнечных электростанций                    |
| выполнять оценку выработки электроэнергии ветровой электростанции  | ИД-3ПК-4 |   |  |   |   |  | + |   | Решение задач/Ветроэлектростанции в централизованных и децентрализованных системах                       |
| рассчитывать ресурсы солнечного излучения на наклонной поверхности и оценивать удельные энергетических показателей   | ИД-3ПК-4 |   |  | + |   |  |   |   | Тестирование/Теоретические основы солнечной энергетики   |
| рассчитывать ресурсы энергии ветра на заданной высоте и оценивать удельных энергетических показателей  | ИД-3ПК-4 |   |  | + |   |  |   |   | Решение задач/Теоретические основы ветроэнергетики   |
| выполнять оценку выработки электроэнергии солнечной электростанции   | ИД-3ПК-4 |   |  |   |   |  | + |   | Тестирование/Солнечные фотоэлектрические станции (СФЭС) в централизованных и децентрализованных системах |
| выполнять оценку выработки электроэнергии гидроэлектростанции  | ИД-3ПК-4 |   |  |   |   |  |   | + | Тестирование/Малые гидроэлектростанции   |
| рассчитывать гидроэнергетические ресурсы заданного створа и оценивать удельных энергетических показателей  | ИД-3ПК-4 |   |  |   | + |  |   |   | Решение задач/Теоретические основы малой гидроэнергетики   |

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**7 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Теоретические основы ветроэнергетики (Решение задач)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Общие положения курса. Особенности использования ВИЭ (Тестирование)
2. Теоретические основы солнечной энергетики (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Теоретические основы малой гидроэнергетики (Решение задач)

**8 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Малые гидроэлектростанции (Тестирование)
2. Солнечные фотоэлектрические станции (СФЭС) в централизованных и децентрализованных системах (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Ветроэлектростанции в централизованных и децентрализованных системах (Решение задач)
2. Энергетические комплексы с участием ветровых и солнечных электростанций (Решение задач)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №7)

Экзамен (Семестр №8)

С учетом семестровой составляющей в БАРС

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Васильев Ю. С., Безруких П. П., Елистратов В. В., Сидоренко Г. И.- "Оценки ресурсов возобновляемых источников энергии в России: справочник", Издательство: "СПбГПУ", Санкт-Петербург, 2008 - (250 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=50590;](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50590)

2. Ветроэнергетика : учебное пособие по курсам "Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики", "Физические основы использования возобновляемых



источников энергии" и др. / А. Г. Васьков, Г. В. Дерюгина, Н. К. Малинин, Р. В. Пугачев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 384 с. - ISBN 978-5-7046-1765-5 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8650](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8650);

3. Солнечная энергетика : учебное пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика" / В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина, В. А. Кузнецова, Н. К. Малинин ; Ред. В. И. Виссарионов . – 2-е изд., стереотип . – М. : Издательский дом МЭИ, 2011 . – 276 с. - ISBN 978-5-383-00608-5 .;

4. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии : учебное пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика" / А. А. Бурмистров, В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина, [и др.] ; Ред. В. И. Виссарионов . – 2-е изд., стер . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 144 с. - ISBN 978-5-383-00426-5 .;

5. Дерюгина, Г. В. Теоретические основы гидроэнергетики:[в 2-х ч.] Ч. 1. Установившиеся режимы работы ГЭУ : учебник по курсу "Теоретические основы гидроэнергетики" по направлению подготовки бакалавров 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" / Г. В. Дерюгина, Н. К. Малинин, П. С. Шуркалов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ"), Ассоциация "Гидроэнергетика России" . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 380 с. - Победитель конкурса "Лучшее издание по гидроэнергетике" в номинации "Лучшее учебное издание" 2018 года . - ISBN 978-5-7046-2159-1 . - ISBN 978-5-7046-2158-4 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10706](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10706).

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
6. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения   | Номер аудитории, наименование                                 | Оснащение  |
|---|---|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-120, Машинный зал ИВЦ                                       | сервер, кондиционер  |
|   | Г-204, Учебная лаборатория "Возобновляемые источники энергии" | стол учебный, стул, трибуна, шкаф для документов, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, указка лазерная, лабораторный стенд, ноутбук, кондиционер |
| Учебные аудитории для проведения  | Г-204, Учебная лаборатория                                    | стол учебный, стул, трибуна, шкаф для документов, вешалка для одежды, доска  |

|  |  |  |
|--|--|--|
| практических занятий,<br>КР и КП                                   | "Возобновляемые<br>источники энергии"                                  | меловая, мультимедийный проектор, экран,<br>указка лазерная, лабораторный стенд,<br>ноутбук, кондиционер   |
| Учебные аудитории<br>для проведения<br>промежуточной<br>аттестации | Г-204, Учебная<br>лаборатория<br>"Возобновляемые<br>источники энергии" | стол учебный, стул, трибуна, шкаф для<br>документов, вешалка для одежды, доска<br>меловая, мультимедийный проектор, экран,<br>указка лазерная, лабораторный стенд,<br>ноутбук, кондиционер   |
| Помещения для<br>самостоятельной<br>работы                         | Г-206, Аспирантская<br>кафедры "ГВИЭ"                                  | кресло рабочее, стул, шкаф для документов,<br>стол письменный, тумба, компьютерная<br>сеть с выходом в Интернет, компьютер<br>персональный, принтер, кондиционер   |
| Помещения для<br>консультирования                                  | Г-204, Учебная<br>лаборатория<br>"Возобновляемые<br>источники энергии" | стол учебный, стул, трибуна, шкаф для<br>документов, вешалка для одежды, доска<br>меловая, мультимедийный проектор, экран,<br>указка лазерная, лабораторный стенд,<br>ноутбук, кондиционер   |
| Помещения для<br>хранения<br>оборудования и<br>учебного инвентаря  | Г-225, Кладовая<br>кафедры "ГВИЭ"                                      | стеллаж для хранения инвентаря, стул, стол<br>письменный, компьютерная сеть с выходом<br>в Интернет, набор инструментов для<br>профилактического обслуживания<br>оборудования, наборы демонстрационного<br>оборудования, архивные документы,<br>дипломные и курсовые работы студентов,<br>канцелярский принадлежности, запасные<br>комплектующие для оборудования, сменные<br>запчасти для ЭВМ |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Теоретические основы возобновляемой энергетики

(название дисциплины)

#### 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Общие положения курса. Особенности использования ВИЭ (Тестирование)
- КМ-2 Теоретические основы ветроэнергетики (Решение задач)
- КМ-3 Теоретические основы солнечной энергетики (Тестирование)
- КМ-4 Теоретические основы малой гидроэнергетики (Решение задач)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины                                    | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|
|               |  | Неделя КМ: | 4    | 8    | 12   | 15   |
| 1             | Общие положения курса. Особенности использования ВИЭ |            |      |      |      |      |
| 1.1           | Общие положения курса. Особенности использования ВИЭ |            | +    |      |      |      |
| 2             | Теоретические основы ветроэнергетики                 |            |      |      |      |      |
| 2.1           | Теоретические основы ветроэнергетики                 |            |      | +    |      |      |
| 3             | Теоретические основы солнечной энергетики            |            |      |      |      |      |
| 3.1           | Теоретические основы солнечной энергетики            |            |      |      | +    |      |
| 4             | Теоретические основы малой гидроэнергетики           |            |      |      |      |      |
| 4.1           | Теоретические основы малой гидроэнергетики           |            |      |      |      | +    |
| Вес КМ, %:    |  |            | 25   | 25   | 25   | 25   |

#### 8 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-5 Солнечные фотоэлектрические станции (СФЭС) в централизованных и децентрализованных системах (Тестирование)
- КМ-6 Ветроэлектростанции в централизованных и децентрализованных системах (Решение задач)
- КМ-7 Малые гидроэлектростанции (Тестирование)
- КМ-8 Энергетические комплексы с участием ветровых и солнечных электростанций (Решение задач)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Номер<br>раздела | Раздел дисциплины   | Индекс<br>КМ: | КМ-<br>5 | КМ-<br>6 | КМ-<br>7 | КМ-<br>8 |
|------------------|---|---------------|----------|----------|----------|----------|
|                  |   | Неделя<br>КМ: | 4        | 8        | 12       | 14       |
| 1                | Солнечные фотоэлектрические станции (СФЭС) в централизованных и децентрализованных системах |               |          |          |          |          |
| 1.1              | Солнечные фотоэлектрические станции (СФЭС) в централизованных и децентрализованных системах |               | +        |          |          |          |
| 2                | Ветроэлектростанции в централизованных и децентрализованных системах                        |               |          |          |          |          |
| 2.1              | Ветроэлектростанции в централизованных и децентрализованных системах                        |               |          | +        |          |          |
| 3                | Малые гидроэлектростанции   |               |          |          |          |          |
| 3.1              | Малые гидроэлектростанции   |               |          |          | +        |          |
| 4                | Энергетические комплексы с участием ветровых и солнечных электростанций                     |               |          |          |          |          |
| 4.1              | Энергетические комплексы с участием ветровых и солнечных электростанций                     |               |          |          |          | +        |
| Вес КМ, %:       |   |               | 25       | 25       | 25       | 25       |